

# Оглавление

<b>От издателя</b> .....	<b>12</b>
<b>Предисловие</b> .....	<b>13</b>
<b>Введение</b> .....	<b>16</b>
<b>1. На старт, внимание, марш!</b> .....	<b>21</b>
Вызов функций .....	24
Функции: первые шаги .....	25
Списки .....	26
Конкатенация .....	29
Обращение к элементам списка .....	30
Списки списков .....	31
Сравнение списков .....	31
Другие операции над списками .....	32
Интервалы .....	35
Генераторы списков .....	37
Кортежи .....	41
Использование кортежей .....	42
Использование пар .....	43
В поисках прямоугольного треугольника .....	44
<b>2. Типы и классы типов</b> .....	<b>46</b>
Поверь в типы .....	46
Явное определение типов .....	47
Обычные типы в языке Haskell .....	48
Типовые переменные .....	50
Классы типов .....	51
Класс Eq .....	52
Класс Ord .....	53
Класс Show .....	54
Класс Read .....	54
Класс Enum .....	56
Класс Bounded .....	56
Класс Num .....	57

Класс Floating .....	58
Класс Integral.....	58
Несколько заключительных слов о классах типов .....	59
<b>3. Синтаксис функций .....</b>	<b>60</b>
Сопоставление с образцом .....	60
Сопоставление с парами .....	62
Сопоставление со списками и генераторы списков .....	63
Именованные образцы .....	66
Эй, стража!.....	67
Где же ты, where?! .....	69
Область видимости декларации where .....	71
Сопоставление с образцами в секции where.....	72
Функции в блоке where .....	72
Пусть будет let.....	73
Выражения let в генераторах списков .....	75
Выражения let в GHCi.....	75
Выражения для выбора из вариантов .....	76
<b>4. Рекурсия .....</b>	<b>78</b>
Привет, рекурсия! .....	78
Максимум удобства .....	79
Ещё немного рекурсивных функций .....	81
Функция replicate .....	81
Функция take .....	81
Функция reverse.....	82
Функция repeat .....	83
Функция zip .....	83
Функция elem .....	84
Сортируем, быстро! .....	84
Алгоритм .....	85
Определение .....	86
Думаем рекурсивно .....	87
<b>5. Функции высшего порядка .....</b>	<b>89</b>
Каррированные функции.....	89
Сечения.....	92
Печать функций .....	93
Немного о высоких материях.....	94
Реализация функции zipWith .....	95
Реализация функции flip .....	96
Инструментарий функционального программиста .....	98
Функция map .....	98
Функция filter .....	99
Ещё немного примеров использования map и filter .....	100
Функция map для функций нескольких переменных.....	103

Лямбда-выражения .....	104
Я вас сверну! .....	106
Левая свёртка foldl .....	107
Правая свёртка foldr .....	108
Функции foldl1 и foldr1 .....	110
Примеры свёрток .....	111
Иной взгляд на свёртки .....	112
Свёртка бесконечных списков .....	113
Сканирование .....	114
Применение функций с помощью оператора \$ .....	115
Композиция функций .....	117
Композиция функций с несколькими параметрами .....	118
Бесточечная нотация .....	120
<b>6. Модули .....</b>	<b>122</b>
Импорт модулей .....	123
Решение задач средствами стандартных модулей .....	125
Подсчёт слов .....	125
Иголка в стоге сена .....	127
Салат из шифра Цезаря .....	129
О строгих левых свёртках .....	130
Поищем числа .....	132
Отображение ключей на значения .....	135
Почти хорошо: ассоциативные списки .....	135
Модуль Data.Map .....	137
Написание собственных модулей .....	142
Модуль Geometry .....	143
Иерархия модулей .....	145
<b>7. Создание новых типов и классов типов .....</b>	<b>148</b>
Введение в алгебраические типы данных .....	148
Отличная фигура за 15 минут .....	149
Верный способ улучшить фигуру .....	151
Фигуры на экспорт .....	153
Синтаксис записи с именованными полями .....	154
Параметры типа .....	157
Параметризовать ли машины? .....	160
Векторы судьбы .....	162
Производные экземпляры .....	163
Сравнение людей на равенство .....	164
Покажи мне, как читать .....	165
Порядок в суде! .....	167
Любой день недели .....	168
Синонимы типов .....	170
Улучшенная телефонная книга .....	170

Параметризация синонимов .....	172
Иди налево, потом направо .....	173
Рекурсивные структуры данных .....	176
Улучшение нашего списка .....	177
Вырастим-ка дерево .....	179
Классы типов, второй семестр .....	183
«Внутренности» класса Eq .....	183
Тип для представления светофора .....	184
Наследование классов .....	186
Создание экземпляров классов для параметризованных типов .....	187
Класс типов «да-нет» .....	190
Класс типов Functor .....	193
Экземпляр класса Functor для типа Maybe .....	195
Деревья тоже являются функторами .....	196
И тип Either является функтором .....	197
Сорта и немного тип-фу .....	198
<b>8. Ввод-вывод .....</b>	<b>204</b>
Разделение «чистого» и «нечистого» .....	204
Привет, мир! .....	205
Объединение действий ввода-вывода .....	207
Использование ключевого слова let внутри блока do .....	211
Обращение строк .....	212
Некоторые полезные функции для ввода-вывода .....	215
Функция putStr .....	215
Функция putChar .....	216
Функция print .....	217
Функция when .....	218
Функция sequence .....	218
Функция mapM .....	220
Функция forever .....	220
Функция forM .....	221
Обзор системы ввода-вывода .....	222
<b>9. Больше ввода и вывода .....</b>	<b>223</b>
Файлы и потоки .....	223
Перенаправление ввода .....	224
Получение строк из входного потока .....	225
Преобразование входного потока .....	228
Чтение и запись файлов .....	230
Использование функции withFile .....	233
Время заключать в скобки .....	234
Хватай дескрипторы! .....	235
Список дел .....	237
Удаление заданий .....	238

Уборка.....	240
Аргументы командной строки.....	241
Ещё больше шалостей со списком дел.....	243
Многозадачный список задач.....	244
Работаем с некорректным вводом.....	248
Случайность.....	249
Подбрасывание монет.....	252
Ещё немного функций, работающих со случайностью.....	254
Случайность и ввод-вывод.....	255
Bytestring: тот же String, но быстрее.....	259
Строгие и ленивые.....	261
Копирование файлов при помощи Bytestring.....	263
Исключения.....	265
Обработка исключений, возникших в чистом коде.....	267
Обработка исключений ввода-вывода.....	273
Вспомогательные функции для работы с исключениями.....	279
<b>10. Решение задач в функциональном стиле.....</b>	<b>281</b>
Вычисление выражений в обратной польской записи.....	281
Вычисление выражений в ОПЗ.....	282
Реализация функции вычисления выражений в ОПЗ.....	283
Добавление новых операторов.....	286
Из аэропорта в центр.....	287
Вычисление кратчайшего пути.....	289
Представление пути на языке Haskell.....	291
Реализация функции поиска оптимального пути.....	293
Получение описания дорожной системы из внешнего источника.....	296
<b>11. Аппликативные функторы.....</b>	<b>299</b>
Функторы возвращаются.....	300
Действия ввода-вывода в качестве функторов.....	301
Функции в качестве функторов.....	304
Законы функторов.....	308
Закон 1.....	308
Закон 2.....	309
Нарушение закона.....	310
Использование аппликативных функторов.....	313
Поприветствуйте аппликативные функторы.....	315
Аппликативный функтор Maybe.....	316
Аппликативный стиль.....	318
Списки.....	320
Тип IO – тоже аппликативный функтор.....	323
Функции в качестве аппликативных функторов.....	325
Застёгиваемые списки.....	327
Аппликативные законы.....	329
Полезные функции для работы с аппликативными функторами.....	329

<b>12. Моноиды.....</b>	<b>336</b>
Оборачивание существующего типа в новый тип.....	336
Использование ключевого слова <code>newtype</code> для создания экземпляров классов типов.....	339
О ленивости <code>newtype</code> .....	341
Ключевое слово <code>type</code> против <code>newtype</code> и <code>data</code> .....	344
В общих чертах о моноидах.....	346
Класс типов <code>Monoid</code> .....	348
Законы моноидов .....	349
Познакомьтесь с некоторыми моноидами.....	350
Списки являются моноидами.....	350
Типы <code>Product</code> и <code>Sum</code> .....	352
Типы <code>Any</code> и <code>All</code> .....	354
Моноид <code>Ordering</code> .....	355
Моноид <code>Maybe</code> .....	359
Свёртка на моноидах.....	361
<b>13. Пригоршня монад.....</b>	<b>367</b>
Совершенствуем наши аппликативные функторы .....	367
Приступаем к типу <code>Maybe</code> .....	369
Класс типов <code>Monad</code> .....	373
Прогулка по канату .....	376
Код, код, код.....	377
Я улечу .....	379
Банан на канате .....	382
Нотация <code>do</code> .....	385
Делай как я .....	387
Пьер возвращается .....	388
Сопоставление с образцом и неудача в вычислениях .....	390
Списковая монада.....	392
Нотация <code>do</code> и генераторы списков .....	396
Класс <code>MonadPlus</code> и функция <code>guard</code> .....	396
Ход конём.....	399
Законы монад .....	402
Левая единица.....	402
Правая единица.....	404
Ассоциативность.....	405
<b>14. Ещё немного монад .....</b>	<b>408</b>
Writer? Я о ней почти не знаю! .....	409
Моноиды приходят на помощь.....	412
Тип <code>Writer</code> .....	414
Использование нотации <code>do</code> с типом <code>Writer</code> .....	416
Добавление в программы функции журналирования .....	417
Добавление журналирования в программы .....	418

Неэффективное создание списков .....	420
Разностные списки .....	422
Сравнение производительности .....	424
Монада Reader? Тьфу, опять эти шуточки! .....	425
Функции в качестве монад .....	426
Монада Reader .....	427
Вкусные вычисления с состоянием .....	429
Вычисления с состоянием .....	430
Стеки и чебуреки .....	431
Монада State .....	433
Получение и установка состояния .....	437
Случайность и монада State .....	438
Свет мой, Error, скажи, да всю правду доложи .....	439
Некоторые полезные монадические функции .....	442
liftM и компания .....	442
Функция join .....	446
Функция filterM .....	449
Функция foldM .....	452
Создание безопасного калькулятора выражений в обратной польской записи .....	454
Композиция монадических функций .....	457
Создание монад .....	459
<b>15. Застёжки .....</b>	<b>467</b>
Прогулка .....	468
Тропинка из хлебных крошек .....	471
Движемся обратно вверх .....	473
Манипулируем деревьями в фокусе .....	476
Идём прямо на вершину, где воздух чист и свеж! .....	478
Фокусируемся на списках .....	478
Очень простая файловая система .....	480
Создаём застёжку для нашей файловой системы .....	482
Манипулируем файловой системой .....	485
Осторожнее – смотрите под ноги! .....	486
Благодарю за то, что прочитали! .....	489

## От издателя

Эта книга начиналась как англоязычный онлайн-учебник по языку Haskell, написанный словенским студентом, изучающим информатику, Мираном Липовачей (Miran Lipovača) в 2008 году. В мае 2009 года на сайте [translated.by](http://translated.by) пользователь Дмитрий Леушин предложил первые главы учебника для перевода на русский язык. Его инициативу подхватил Александр Сеницын. В переводе также принимали участие Виталий Капустян, Иван Терёхин, Дмитрий Крылов, пользователи olegchir, artobstrel95, Julia и другие. Оригинальный учебник оказался настолько популярным, что в 2011 году он был издан в печатном виде. Текст онлайн-издания при подготовке печатного издания был серьёзно исправлен и улучшен. Последние пять глав учебника переводились уже по печатному изданию Ясиром Арсанукаевым. Готовый текст был отредактирован Романом Душкиным. На втором этапе редактированием занимался Виталий Брагилевский; он также привёл текст первых десяти глав книги в соответствие с англоязычным печатным изданием и переработал текст раздела «Исключения». Оформление, вёрстка и другие технические работы выполнялись сотрудниками издательства «ДМК Пресс».



# Предисловие

Когда в начале 2006 года я саделся за свою первую книгу по функциональному программированию [2], в которой намеревался проиллюстрировать все теоретические положения при помощи языка Haskell, у меня возникали некоторые сомнения на сей счёт. Да, за плечами уже был пятилетний опыт чтения потоковых лекций по функциональному программированию в Московском Инженерно-Физическом Институте (МИФИ), для которых я и ввёл в учебный процесс этот замечательный язык вместо использовавшегося прежде языка Lisp. Однако в качестве методической основы тогда ещё не было практически ничего, кроме формального описания языка и нескольких статей. Существовало, впрочем, несколько книг о Haskell на английском языке [3, 4, 5, 7], но в те времена достать их было несколько затруднительно. Тем не менее я выбрал именно этот язык, поскольку создавать очередной том о функциональном программировании на Lisp (на каком-либо из его многочисленных диалектов) было бы нецелесообразно – такие книги имелись в избытке.

Сегодня можно уверенно сказать, что тогда я не ошибся в своём выборе. Развитие языка шло темпами набирающего скорость локомотива. Появлялись компиляторы (в том числе и полноценная среда разработки Haskell Platform), разнообразные утилиты для помощи в разработке, обширнейший набор библиотек, а главное – сложилось сообщество программистов! За несколько лет язык приобрел огромное количество почитателей, в том числе русскоязычных. Притом возник так называемый эффект «петли положительной обратной связи»: стремительно растущее сообщество стало ещё активнее развивать язык и всё, что с ним связано. И вот уже количество библиотек для Haskell насчитывает не одну тысячу, охватывая всевозможные задачи, встречающиеся в повседневном процессе коммерческой разработки. Выходят но-

вые книги, одна из которых [6] буквально взрывает общественное мнение. Теперь Haskell уже не воспринимается в качестве языка «нёрдов», получая статус вполне уважаемого средства программирования. На русском языке начинают выходить многочисленные переводы статей по Haskell (в том числе и официальные), основывается первый журнал, посвящённый функциональному программированию – «Практика функционального программирования» (ISSN 2075-8456).

И вот сегодня вы, уважаемый читатель, держите в руках переводное издание новой интересной книги о языке Haskell и основах реального программирования на нём. Эта публикация опять же стала возможной благодаря деятельности профессионального сообщества. Группа инициативных любителей языка Haskell перевела значительную часть текста, после чего издательством «ДМК Пресс», которое уже становится флагманом в деле издания книг о функциональном программировании в России, был проведён весь комплекс предпечатных работ – научное редактирование, корректура, вёрстка.

Миран Липовача – автор из Словении, который написал свою книгу «Изучай Haskell во имя добра», с тем чтобы сделать процесс освоения Haskell легким и весёлым. Оригинал книги, опубликованный в сети Интернет, написан в весьма вольном стиле – автор позволяет себе многочисленные жаргонизмы и простое (даже, можно сказать, простецкое) обращение с читателем. Текст дополнен многочисленными авторскими рисунками, предназначенными исключительно для развлечения читателя и не несущими особой смысловой нагрузки. Поначалу всё это заставляет предположить, что книга «несерьёзная», однако это впечатление обманчиво. Здесь представлено очень хорошее описание как базовых принципов программирования на Haskell, так и серьёзных идиом языка, пришедших из теории категорий (функторы, аппликативные функторы, монады). Притом автор пользуется очень простым языком и приводит доступные для понимания примеры. Вообще, книга насыщена разнообразными примерами, и это её положительная черта.

При работе над русским изданием коллектив переводчиков постарался сохранить своеобразный стиль автора, чтобы передать своеобразие оригинала. Однако в процессе научного редактирования некоторые моменты были сглажены, терминология приведена к единообразию и согласована с уже устоявшимися терминами

на русском языке. Тем не менее манера изложения материала далека от сухого академического стиля, который характерен для многих публикаций о функциональном программировании.

Напоследок, впрочем, стоит отметить и некоторые недостатки. Автор сам признаётся, что написал свою книгу с целью структуризации и классификации собственных знаний о языке Haskell. Так что к ней надо относиться с определённой долей осторожности, хотя в процессе научного редактирования не было обнаружено фактологических ошибок. Ещё один минус – полное отсутствие каких-либо сведений об инструментарии языка: читателю предлагается лишь скачать и установить Haskell Platform, а затем приступить к работе. Можно именно так и поступить, но вдумчивому читателю будет интересно узнать о способах использования инструментария. Этот пробел можно восполнить книгой [1].

В целом книгу Мирана Липовачи можно рекомендовать в качестве дополнительного источника информации о практическом использовании языка Haskell. Она будет полезна всем, кто интересуется функциональным программированием, равно как и студентам, обучающимся по специальностям, связанным с программированием и вычислительной техникой.

*ДУШКИН Роман Викторович,  
автор первых книг о языке Haskell на русском языке,  
Москва, 2011 г.*

## **Ссылки на источники**

1. Душкин Р. В. *Практика работы на языке Haskell*. – М.: ДМК-Пресс, 2010. – 288 стр., ил. – ISBN 978-5-94074-588-4.
2. Душкин Р. В. *Функциональное программирование на языке Haskell*. – М.: ДМК-Пресс, 2007. – 608 стр., ил. – ISBN 5-94074-335-8.
3. Davie A. J. T. *Introduction to Functional Programming Systems Using Haskell*. – Cambridge University Press, 1992. – 304 p. – ISBN 0-52127-724-8.
4. Doets K., Eijck J. v. *The Haskell Road To Logic, Maths And Programming*. – King's College Publications, 2004. – 444 p. – ISBN 0-95430-069-6.
5. Hudak P. *The Haskell School of Expression: Learning Functional Programming through Multimedia*. – Cambridge University Press, 2000. – 382 p. – ISBN 0-52164-408-9.
6. O'Sullivan B., Goerzen J., Stewart D. *Real World Haskell*. – O'Reilly, 2008. – 710 p. – ISBN 0-596-51498-0.
7. Thompson S. *Haskell: The Craft of Functional Programming*. – Addison Wesley, 1999. – 512 p. – ISBN 0-20134-275-8.

# Введение

Перед вами книга «Изучай Haskell во имя добра!» И раз уж вы взялись за её чтение, есть шанс, что вы хотите изучить язык Haskell. В таком случае вы на правильном пути – но прежде чем продолжить его, давайте поговорим о самом учебнике.

Я решился написать это руководство потому, что захотел упорядочить свои собственные знания о Haskell, а также потому, что надеюсь помочь другим людям в освоении этого языка. В сети Интернет уже предостаточно литературы по данной теме, и когда я сам проходил период ученичества, то использовал самые разные ресурсы.

Чтобы поподробнее ознакомиться с Haskell, я читал многочисленные справочники и статьи, в которых описывались различные аспекты при помощи различных методов. Затем я собрал воедино все эти разрозненные сведения и положил их в основу собственной книги. Так что этот учебник представляет собой попытку создать ещё один полезный ресурс для изучения языка Haskell – и есть вероятность, что вы найдёте здесь именно то, что вам нужно!

Эта книга рассчитана на людей, которые уже имеют опыт работы с императивными языками программирования (C++, Java, Python...), а теперь хотели бы попробовать Haskell. Впрочем, бьюсь об заклад, что даже если вы не обладаете солидным опытом программирования, с вашей природной смекалкой вы легко освоите Haskell, пользуясь этим учебником!

Моей первой реакцией на Haskell было ощущение, что язык какой-то уж слишком чудной. Но после преодоления начального барьера всё пошло как по маслу. Даже если на первый взгляд Haskell кажется вам странным, не сдавайтесь! Освоение этого языка похоже на изучение программирования «с нуля» – и это очень интересно, потому что вы начинаете мыслить совершенно иначе...

**ПРИМЕЧАНИЕ.** IRC-канал `#haskell` на Freenode Network – отличный ресурс для тех, кто испытывает затруднения в обучении и хочет задать вопросы по какой-либо теме. Люди там чрезвычайно приятные, вежливые и с радостью помогают новичкам.

## Так что же такое Haskell?

Язык Haskell – это *чисто функциональный* язык программирования. В *императивных* языках результат достигается при передаче компьютеру последовательности команд, которые он затем выполняет. При этом компьютер может изменять своё состояние. Например, мы устанавливаем переменную `a` равной 5, производим какое-либо действие, а затем меняем её значение... Кроме того, у нас есть управляющие инструкции, позволяющие повторять несколько раз определённые действия, такие как циклы `for` и `while`. В чисто функциональных языках вы не говорите компьютеру, *как* делать те или иные вещи, – скорее вы говорите, что представляет собой ваша проблема.



Факториал числа – это произведение целых чисел от 1 до данного числа; сумма списка чисел – это первое число плюс сумма всех остальных чисел, и так далее. Вы можете выразить обе эти операции в виде *функций*. В функциональной программе нельзя присвоить переменной сначала одно значение, а затем какое-то другое. Если вы решили, что `a` будет равняться 5, то потом уже не сможете просто передумать и заменить значение на что-либо

ещё. В конце концов, вы же сами сказали, что `a` равно 5! Вы что, врун какой-нибудь?

В чисто функциональных языках у функций *отсутствуют побочные эффекты*. Функция может сделать только одно: рассчитать что-нибудь и возвратить это как результат. Поначалу такое ограничение смущает, но в действительности оно имеет приятные последствия: если функция вызывается дважды с одними и теми же параметрами, это гарантирует, что оба раза вернётся одинаковый результат. Это свойство называется *ссылочной прозрачностью*. Оно позволяет

программисту легко установить (и даже доказать), что функция корректна, а также строить более сложные функции, объединяя простые друг с другом.

Haskell – *ленивый* язык. Это означает, что он не будет выполнять функции и производить вычисления, пока это действительно вам не потребовалось для вывода результата (если иное не указано явно). Подобное поведение возможно как раз благодаря ссылочной прозрачности. Если вы знаете, что результат функции зависит только от переданных ей параметров, неважно, в какой именно момент вы её вызываете. Haskell, будучи ленивым языком, пользуется этой возможностью и откладывает вычисления на то время, на какое это вообще возможно. Как только вы захотите отобразить результаты, Haskell проделает минимум вычислений, достаточных для их отображения. Ленивость также позволяет создавать бесконечные структуры данных, потому что реально вычислять требуется только та часть структуры данных, которую необходимо отобразить.



Предположим, что у нас есть неизменяемый список чисел  $xs = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]$  и функция `doubleMe` («УдвойМеня»), которая умножает каждый элемент на 2 и затем возвращает новый список. Если мы захотим умножить наш список на 8 в императивных языках, то сделаем так:

---

```
doubleMe(doubleMe(doubleMe(xs)))
```

---

При вызове, вероятно, будет получен список, а затем создана и возвращена копия. Затем список будет получен ещё два раза – с возвращением результата. В ленивых языках программирования вызов `doubleMe` со списком без форсирования получения результата означает, что программа скажет вам что-то вроде: «Да-да, я сделаю это позже!». Но когда вы захотите увидеть результат, то первая функция `doubleMe` скажет второй, что ей требуется результат, и немедленно! Вторая функция передаст это третьей, и та неохотно вернёт удвоенную 1, то есть 2.

Вторая получит и вернёт первой функции результат – 4. Первая увидит результат и выдаст вам 8. Так что потребуются только один

проход по списку, и он будет выполнен только тогда, когда действительно окажется необходимым.

Язык Haskell – *статически типизированный* язык. Когда вы компилируете вашу программу, то компилятор знает, какой кусок кода – число, какой – строка и т. д. Это означает, что множество возможных ошибок будет обнаружено во время компиляции. Если, скажем, вы захотите сложить вместе число и строку, то компилятор вам «пожалуется».

В Haskell есть очень хорошая система типов, которая умеет автоматически делать вывод типов. Это означает, что вам не нужно описывать тип в каждом куске кода, потому что система типов может вычислить это сама. Если, скажем,  $a = 5 + 4$ , то вам нет необходимости говорить, что  $a$  – число, так как это может быть выведено автоматически. Вывод типов делает ваш код более универсальным. Если функция принимает два параметра и складывает их, а тип параметров не задан явно, то функция будет работать с любыми двумя параметрами, которые ведут себя как числа.



Haskell – *ясный и выразительный* язык, потому что он использует множество высокоуровневых идей; программы обычно короче, чем их императивные эквиваленты, их легче сопровождать, в них меньше ошибок.

Язык Haskell был придуман несколькими по-настоящему умными ребятами (с диссертациями). Работа по его созданию началась в 1987 году, когда комитет исследователей задался целью изобрести язык, который станет настоящей сенсацией. В 1999 году было опубликовано описание языка (Haskell Report), ознаменовавшее появление первой официальной его версии.

## Что понадобится для изучения языка

Если коротко, то для начала понадобятся текстовый редактор и компилятор Haskell. Вероятно, у вас уже установлен любимый

редактор, так что не будем заострять на этом внимание. На сегодняшний день самым популярным компилятором Haskell является GHC (Glasgow Haskell Compiler), который мы и будем использовать в примерах ниже. Проще всего обзавестись им, скачав Haskell Platform, которая включает, помимо прочего, ещё и массу полезных библиотек. Для получения Haskell Platform нужно пойти на сайт <http://hackage.haskell.org/platform/> и далее следовать инструкциям по вашей операционной системе.

GHC умеет компилировать сценарии на языке Haskell (обычно это файлы с расширением *.hs*), а также имеет интерактивный режим работы, в котором можно загрузить функции из файлов сценариев, вызвать их и тут же получить результаты. Во время обучения такой подход намного проще и эффективнее, чем перекомпиляция сценария при каждом его изменении, а затем ещё и запуск исполняемого файла.

Как только вы установите Haskell Platform, откройте новое окно терминала – если, конечно, используете Linux или Mac OS X. Если же у вас установлена Windows, запустите интерпретатор командной строки (*cmd.exe*). Далее введите `ghci` и нажмите **Enter**. Если ваша система не найдёт программу GHCi, попробуйте перезагрузить компьютер.

Если вы определили несколько функций в сценарии, скажем, *myfunctions.hs*, то их можно загрузить в GHCi, напечатав команду `:l myfunctions`. Нужно только убедиться, что файл *myfunctions.hs* находится в том же каталоге, из которого вы запустили GHCi.

Если вы изменили *hs*-сценарий, введите в интерактивном режиме `:r myfunctions`, чтобы загрузить его заново. Можно также перегрузить загруженный ранее сценарий с помощью команды `:r`. Обычно я поступаю следующим образом: определяю несколько функций в *hs*-файле, загружаю его в GHCi, экспериментирую с функциями, изменяю файл, перезагружаю его и затем всё повторяю. Собственно, именно этим мы с вами и займёмся.

## Благодарности

Благодарю всех, кто присылал мне свои замечания, предложения и слова поддержки. Также благодарю Кита, Сэма и Мэрилин, которые помогли мне отшлифовать мастерство писателя.



# 1

## НА СТАРТ, ВНИМАНИЕ, МАРШ!

Отлично, давайте начнём! Если вы принципиально не читаете предисловий к книгам, в данном случае вам всё же придётся вернуться назад и заглянуть в заключительную часть введения: именно там рассказано, что вам потребуется для изучения данного руководства и для загрузки программ.

Первое, что мы сделаем, – запустим компилятор GHC в интерактивном режиме и вызовем несколько функций, чтобы «прочувствовать» язык Haskell – пока ещё в самых общих чертах. Откройте консоль и наберите `ghci`. Вы увидите примерно такое приветствие:

---

```
GHCi, version 7.0.3: http://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Loading package ghc-prim ... linking ... done.
Loading package integer-gmp ... linking ... done.
Loading package base ... linking ... done.
Loading package ffi-1.0 ... linking ... done.
Prelude>
```

---

Поздравляю – вы в GHCi!

**ПРИМЕЧАНИЕ.** *Приглашение консоли ввода – `Prelude>`, но поскольку оно может меняться в процессе работы, мы будем использовать просто `ghci>`. Если вы захотите, чтобы у вас было такое же приглашение, выполните команду `:set prompt "ghci> "`.*

Немного школьной арифметики:

---

```
ghci> 2 + 15
17
ghci> 49 * 100
```

```
4900
ghci> 1892 - 1472
420
ghci> 5 / 2
2.5
```

---

Код говорит сам за себя. Также в одной строке мы можем использовать несколько операторов; при этом работает обычный порядок вычислений. Можно использовать и круглые скобки для облегчения читаемости кода или для изменения порядка вычислений:

---

```
ghci> (50 * 100) - 4999
1
ghci> 50 * 100 - 4999
1
ghci> 50 * (100 - 4999)
-244950
```

---

Здорово, правда? Чувствую, вы со мной не согласны, но немного терпения! Небольшая опасность кроется в использовании отрицательных чисел. Если нам захочется использовать отрицательные числа, то всегда лучше заключить их в скобки. Попытка выполнения  $5 * -3$  приведёт к ошибке, зато  $5 * (-3)$  сработает как надо.

Булева алгебра в Haskell столь же проста. Как и во многих других языках программирования, в Haskell имеется два логических значения True и False, для конъюнкции используется операция && (логическое «И»), для дизъюнкции – операция || (логическое «ИЛИ»), для отрицания – операция not.

---

```
ghci> True && False
False
ghci> True && True
True
ghci> False || True
True
ghci> not False
True
ghci> not (True&&True)
False
```

---

Можно проверить два значения на равенство и неравенство с помощью операций == и /=, например:

---

```
ghci> 5 == 5
True
ghci> 1 == 0
False
ghci> 5 /= 5
False
ghci> 5 /= 4
True
ghci> "привет" == "привет"
True
```

---

А что насчёт  $5 + \text{лама}$  или  $5 == \text{True}$ ? Если мы попробуем выполнить первый фрагмент, то получим большое и страшное сообщение об ошибке<sup>1</sup>!

---

```
No instance for (Num [Char])
arising from a use of `+` at <interactive>:1:0-9
Possible fix: add an instance declaration for (Num [Char])
In the expression: 5 + "лама"
In the definition of `it`: it = 5 + "лама"
```

---

Та-ак! GHCi говорит нам, что лама не является числом, и непонятно, как это прибавить к 5. Даже если вместо лама подставить четыре или 4, Haskell всё равно не будет считать это числом! Операция  $+$  ожидает, что аргументы слева и справа будут числовыми. Если же мы попытаемся посчитать  $\text{True} == 5$ , GHCi опять скажет нам, что типы не совпадают.

Несмотря на то что операция  $+$  производится только в отношении элементов, воспринимаемых как число, операция сравнения ( $==$ ), напротив, применима к любой паре элементов, которые можно сравнить. Фокус заключается в том, что они должны быть одного типа. Вы не сможете сравнивать яблоки и апельсины. В подробностях мы это обсудим чуть позже.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Запись  $5 + 4.0$  вполне допустима, потому что 5 может вести себя как целое число или как число с плавающей точкой. 4.0 не может выступать в роли целого числа, поэтому именно число 5 должно «подстроиться».

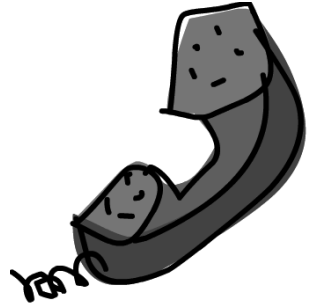
---

<sup>1</sup> В современных версиях интерпретатора GHCi для печати результатов вычислений используется функция `show`, которая представляет кириллические символы соответствующими числовыми кодами Unicode. Поэтому в следующем листинге вместо строки "лама" будет фактически выведено `"\1083\1072\1084\1072"`. В тексте книги для большей понятности кириллица в результатах оставлена без изменений. – Прим. ред.

## Вызов функций

Возможно, вы этого пока не осознали, но все это время мы использовали функции. Например, операция  $*$  – это функция, которая принимает два числа и перемножает их. Как вы видели, мы вызываем её, вставляя символ  $*$  между числами. Это называется «*инфиксной* записью».

Обычно функции являются префиксными, поэтому в дальнейшем мы не будем явно указывать, что функция имеет префиксную форму – это будет подразумеваться. В большинстве императивных языков функции вызываются указанием имени функции, а затем её аргументов (как правило, разделенных запятыми) в скобках. В языке Haskell функции вызываются указанием имени функции и – через пробел – параметров, также разделенных пробелами. Для начала попробуем вызвать одну из самых скучных функций языка:




---

```
ghci> succ 8
9
```

---

Функция `succ` принимает на вход любое значение, которое может иметь последующее значение, после чего возвращает именно последующее значение. Как вы видите, мы отделяем имя функции от параметра пробелом. Вызывать функции с несколькими параметрами не менее просто.

Функции `min` и `max` принимают по два аргумента, которые можно сравнивать (как и числа!), и возвращают большее или меньшее из значений:

---

```
ghci> min 9 10
9
ghci> min 3.4 3.2
3.2
ghci> max 100 101
101
```

---

Операция применения функции (то есть вызов функции с указанием списка параметров через пробел) имеет наивысший приоритет. Для нас это значит, что следующие два выражения эквивалентны:

---

```
ghci> succ 9 + max 5 4 + 1
16
ghci> (succ 9) + (max 5 4) + 1
16
```

---

Однако если мы хотим получить значение, следующее за произведением чисел 9 и 10, мы не можем написать `succ 9 * 10`, потому что это даст значение, следующее за 9 (т. е. 10), умноженное на 10, т. е. 100. Следует написать `succ (9 * 10)`, чтобы получить 91.

Если функция принимает ровно два параметра, мы также можем вызвать её в инфиксной форме, заключив её имя в обратные апострофы. Например, функция `div` принимает два целых числа и выполняет их целочисленное деление:

---

```
ghci> div 92 10
9
```

---

Но если мы вызываем её таким образом, то может возникнуть неразбериха с тем, какое из чисел делимое, а какое делитель. Поэтому можно вызвать функцию в инфиксной форме, что, как оказывается, гораздо понятнее<sup>2</sup>:

---

```
ghci> 92 `div` 10
9
```

---

Многие люди, перешедшие на Haskell с императивных языков, придерживаются мнения, что применение функции должно обозначаться скобками. Например, в языке C используются скобки для вызова функций вроде `foo()`, `bar(1)` или `baz(3, ха-ха)`. Однако, как мы уже отмечали, для применения функций в Haskell предусмотрены пробелы. Поэтому вызов соответствующих функций производится следующим образом: `foo`, `bar 1` и `baz 3 ха-ха`. Так что если вы увидите выражение вроде `bar (bar 3)`, это не значит, что `bar` вызывается с параметрами `bar` и `3`. Это значит, что мы сначала вызываем функцию `bar` с параметром `3`, чтобы получить некоторое число, а затем опять вызываем `bar` с этим числом в качестве параметра. В языке C это выглядело бы так: “`bar(bar(3))`”.

---

<sup>2</sup> На самом деле любую функцию, число параметров которой больше одного, можно записать в инфиксной форме, заключив её имя в обратные апострофы и поместив её в таком виде ровно между первым и вторым аргументом. – *Прим. ред.*